

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2004-139021

(43)Date of publication of application : 13.05.2004

(51)Int.CI.

G03H 1/04
G11B 7/0065

(21)Application number : 2003-171105

(22)Date of filing : 16.06.2003

(71)Applicant : SONY CORP

(72)Inventor : TANAKA FUJI
SUGIKI MIKIO
ISHIOKA KOJI
YAMAZAKI SHIGERU

(30)Priority

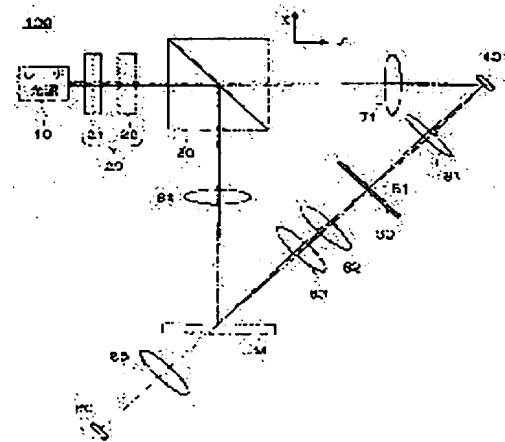
Priority number : 2002241145 Priority date : 21.08.2002 Priority country : JP

(54) HOLOGRAM RECORDING APPARATUS AND HOLOGRAM RECORDING METHOD

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a hologram recording apparatus which records data on a hologram recording medium without using liquid crystal elements.

SOLUTION: The hologram recording apparatus includes a diffraction control element which receives a laser beam emitted from a laser beam source and controls the diffraction of the received laser beam before letting it exit, and a beam condensing element which condenses the diffracted light emitted from the diffraction control element onto the hologram recording medium. The information corresponding to the diffraction condition in the diffraction control element can be recorded on the hologram recording medium by condensing the light controlled in the diffraction condition by the diffraction control element onto the hologram recording medium.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C) 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2004-139021

(P2004-139021A)

(43) 公開日 平成16年5月13日(2004.5.13)

(51) Int.CI.⁷

G03H 1/04
G11B 7/0065

F I

G03H 1/04
G11B 7/0065

テーマコード(参考)

2K008
5D090

審査請求 未請求 請求項の数 21 O L (全 21 頁)

(21) 出願番号 特願2003-171105 (P2003-171105)
(22) 出願日 平成15年6月16日 (2003.6.16)
(31) 優先権主張番号 特願2002-241145 (P2002-241145)
(32) 優先日 平成14年8月21日 (2002.8.21)
(33) 優先権主張国 日本国 (JP)

(71) 出願人 000002185
ソニー株式会社
東京都品川区北品川6丁目7番35号
(74) 代理人 100104215
弁理士 大森 純一
(74) 代理人 100104411
弁理士 矢口 太郎
(72) 発明者 田中 富士
東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニーブルースタジオ内
(72) 発明者 杉木 美喜雄
東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニーブルースタジオ内

最終頁に統く

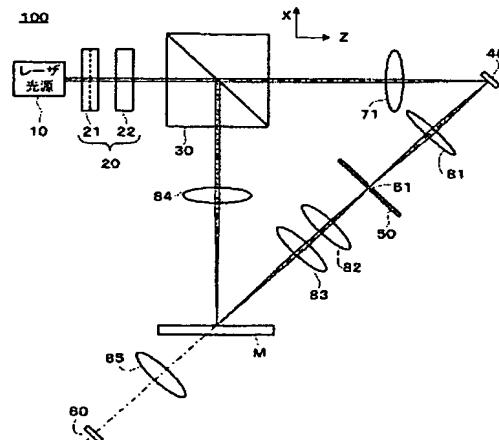
(54) 【発明の名称】 ホログラム記録装置、およびホログラム記録方法

(57) 【要約】

【課題】 液晶素子を用いずに、ホログラム記録媒体へのデータの記録を行うホログラム記録装置を提供することを目的とする。

【解決手段】 ホログラム記録装置が、レーザ光源から出射されたレーザ光を入射し、入射したレーザ光の回折を制御して出射する回折制御素子と、回折制御素子から出射された回折光をホログラム記録媒体に集光させる集光素子とを有する。回折制御素子で回折状態が制御された光をホログラム記録媒体に集光させることで、回折制御素子での回折状態に対応した情報をホログラム記録媒体に記録させることができる。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】**【請求項1】**

レーザ光を出射するレーザ光源と、
前記レーザ光源から出射されたレーザ光を入射し、該入射したレーザ光の回折を制御して
出射させる回折制御素子と、
前記回折制御素子から出射された回折光をホログラム記録媒体に集光させる集光素子と、
を具備することを特徴とするホログラム記録装置。

【請求項2】

前記回折制御素子と前記集光素子の間にあって、前記回折制御素子から出射した回折光から所定次数の回折光成分を抽出する回折光成分抽出素子
をさらに具備することを特徴とする請求項1記載のホログラム記録装置。 10

【請求項3】

前記回折制御素子が、前記入射したレーザ光の回折を互いに独立して制御する個別回折制御素子を複数有する
ことを特徴とする請求項1記載のホログラム記録装置。

【請求項4】

前記個別回折制御素子が、それぞれからの出射光の位相差を制御する第1、第2の位相制御要素を有する
ことを特徴とする請求項3記載のホログラム記録装置。 20

【請求項5】

前記第1、第2の位相制御要素それからの出射光が該第1、第2の位相制御要素によって回折された回折光である
ことを特徴とする請求項4記載のホログラム記録装置。

【請求項6】

前記第1、第2の位相制御要素それのが、略リボン形状である
ことを特徴とする請求項5記載のホログラム記録装置。

【請求項7】

前記第1、第2の位相制御要素の少なくともいずれかが、静電力によって変位する
ことを特徴とする請求項6記載のホログラム記録装置。 30

【請求項8】

前記複数の個別回折制御素子が、それぞれの個別回折制御素子の配置に応じてレーザ光の
回折を制御する
ことを特徴とする請求項3記載のホログラム記録装置。

【請求項9】

前記ホログラム記録装置が、
それぞれの個別回折制御素子の制御状態を算出する算出部と、
前記算出部での算出結果に基づき、前記複数の個別回折制御素子を制御する制御部と、
をさらに具備することを特徴とする請求項8記載のホログラム記録装置。

【請求項10】

前記ホログラム記録装置が、
それぞれの個別回折制御素子と制御状態とを対応して表すテーブルを記憶する記憶部と、
前記記憶部に記憶されたテーブルに基づき、前記複数の個別回折制御素子を制御する制御部と、
をさらに具備することを特徴とする請求項8記載のホログラム記録装置。
40

【請求項11】

前記複数の個別回折制御素子が第1、第2の回折状態をとり、第1の回折状態をそれぞれ
の個別回折制御素子の配置に応じて制御する
ことを特徴とする請求項8記載のホログラム記録装置。

【請求項12】

前記集光素子が、複数のレンズによって構成されている 50

ことを特徴とする請求項1記載のホログラム記録装置。

【請求項13】

前記レーザ光源から出射されたレーザ光を第1、第2の光に分割し、該第1の光を前記回折制御素子に入射させる光分割素子と、

前記光分割素子から出射された第2の光を前記ホログラム記録媒体上の前記集光素子から出射されたレーザ光が集光された箇所に集光する第2の集光素子と、

をさらに具備することを特徴とする請求項1記載のホログラム記録装置。

【請求項14】

前記光分割素子から出射された前記第1の光を遮蔽する光遮蔽素子と、

前記第2の集光素子によって前記ホログラム記録媒体上に収束されたレーザ光に基づいて、前記ホログラム記録媒体から出射した光を受光する受光素子と、

をさらに具備することを特徴とする請求項13記載のホログラム記録装置。

【請求項15】

回折制御素子によって、入射したレーザ光の回折を制御して出射させる回折制御ステップと、

前記回折制御ステップで出射された回折光をホログラム記録媒体に集光させる集光ステップと、

を具備することを特徴とするホログラム記録方法。

【請求項16】

前記回折制御ステップと前記集光ステップとの間に、前記回折制御ステップで出射した回折光から所定次数の回折光成分を抽出する回折光成分抽出ステップ

をさらに具備することを特徴とする請求項15記載のホログラム記録方法。

【請求項17】

前記回折制御素子が、前記入射したレーザ光の回折を互いに独立して制御する個別回折制御素子を複数有する

ことを特徴とする請求項15記載のホログラム記録方法。

【請求項18】

前記回折制御ステップにおいて、前記複数の個別回折制御素子が、それぞれの個別回折制御素子の配置に応じてレーザ光の回折を制御する

ことを特徴とする請求項17記載のホログラム記録方法。

【請求項19】

前記ホログラム記録方法が、それぞれの個別回折制御素子の制御状態を算出する算出ステップをさらに具備し、

前記算出ステップでの算出結果に基づき、前記回折制御ステップでの前記複数の個別回折制御素子の制御が行われる、

ことを特徴とする請求項18記載のホログラム記録方法。

【請求項20】

それぞれの個別回折制御素子と制御状態とを対応して表すテーブルに基づき、前記回折制御ステップでの前記複数の個別回折制御素子の制御が行われる、

ことを特徴とする請求項18記載のホログラム記録法。

【請求項21】

前記複数の個別回折制御素子が第1、第2の回折状態をとり、第1の回折状態をそれぞれの個別回折制御素子の配置に応じて制御する

ことを特徴とする請求項18記載のホログラム記録方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、ホログラム記録媒体にデータを記録するホログラム記録装置およびホログラム記録方法に関する。

【0002】

10

20

30

40

50

【従来の技術】

ホログラム記録媒体にデータを記録するホログラム記録装置が開発されている。図15に従来のホログラム記録装置500を示す。レーザ光源110から出射したレーザ光のビーム径をビームエキスパンダ120で拡大し、ハーフミラー130で参照光L00と信号光L01の2つに分割する。参照光L00はそのまま、信号光L01は複数画素を有する液晶素子140を通過させた後にホログラム記録媒体Mに投射される。参照光L00と信号光L01とが干渉して形成された干渉縞がホログラム記録媒体Mに記録される。

ここで、液晶素子130の各画素の透過、遮蔽パターンを設定することで、ホログラム記録媒体Mに所望のデータを記録することができる。

データを記録したホログラム記録媒体Mに参照光L00のみを照射すると、参照光L00がホログラム記録媒体M中の干渉縞によって回折される。その結果、記録時に液晶素子に表示されたパターンに対応する回折光が発生し、この回折光を例えれば、CCD等の撮像素子180で受光することで記録したデータの再生が行える（図16参照）。

なお、ページ内ムラが存在する体積多重ホログラムにおいて、ムラによる信号読み取りエラーを除去する技術が開示されている（特許文献1参照）。

【0003】

【特許文献1】

特開平9-197947号公報

【0004】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、液晶素子は反応速度が必ずしも速いとはいえず、表示の切り替えに数十m秒程度を要するのが通例である。このため、ホログラム記録媒体にデータを記録するときに時間がかかっていた。

上記に鑑み、本発明は液晶素子によらずに、ホログラム記録媒体へのデータの記録を行うホログラム記録装置およびホログラム記録方法を提供することを目的とする。

【0005】

【課題を解決するための手段】

A. 上記に鑑み本発明に係るホログラム記録装置は、レーザ光を出射するレーザ光源と、前記レーザ光源から出射されたレーザ光を入射し、該入射したレーザ光の回折を制御して出射させる回折制御素子と、前記回折制御素子から出射された回折光をホログラム記録媒体に集光させる集光素子と、を具備することを特徴とする。

回折制御素子で回折状態が制御された光をホログラム記録媒体に集光させることで、回折制御素子での回折状態に対応した情報をホログラム記録媒体に記録させることができる。ここで、ホログラム記録装置はホログラム記録媒体を内蔵しても良いし、あるいはホログラム記録媒体を交換可能としても良い。ホログラム記録媒体を交換可能とした場合には、ホログラム記録媒体を保持するためのステージを有することが好ましい。

【0006】

(1) ホログラム記録装置が、前記回折制御素子と前記集光素子の間にあって、前記回折制御素子から出射した回折光から所定次数の回折光成分を抽出する回折光成分抽出素子をさらに具備してもよい。

回折光成分抽出素子によって回折光から所定次数の回折光成分を抽出することで回折光の強度を変化させ、ホログラム記録媒体にデータを光の強弱として記録することができる。なお、回折光成分抽出素子の一例として、凸レンズとスリットの組み合わせが考えられる。この組み合わせにより、1次以上の回折光成分を除去して0次回折光のみを抽出することが簡便に行える。

【0007】

(2) 前記回折制御素子が、前記入射したレーザ光の回折を互いに独立して制御する個別回折制御素子を複数有してもよい。

個別回折制御素子の個数に対応した情報をホログラム記録媒体に記録することが可能にな

10

20

30

40

50

り、より高密度の記録が可能となる。

このときの個別回折制御素子の配列として、一次元（線状）あるいは二次元（平面状）の配列が考えられる。

【0008】

1) 前記個別回折制御素子が、それぞれからの出射光の位相差を制御する第1、第2の位相制御要素を有してもよい。

第1、第2の位相制御要素から出射される出射光同士の位相差を制御することで、この出射光を合成した光の回折状態を制御することができる。この場合に、第3以上の位相制御要素が追加されていても差し支えない。

【0009】

ここで、前記第1、第2の位相制御要素はある程度小さい（光の波長程度かそれよりも小さい）場合が多いので、このそれからの出射光は該第1、第2の位相制御要素によつて回折された回折光であるのが通例となる。

前記第1、第2の位相制御要素それは、種々の形状を探りうるが、一例として、略リボン形状とすることができる。

この形状は作成および駆動が容易である。例えば、このリボンを導電性、かつ弾力性のある材料（例えば、金属材料）で構成することで、リボンに印加した電圧に基づく静電力によって変位させ、リボンの弾力性により元の状態（形状）に復帰させることができる。このようにすることで、前記第1、第2の位相制御要素、ひいては個別回折制御素子を高速で（例えば、 $1\ \mu\text{秒}$ 程度）動作させることが可能となる。

【0010】

2) 前記複数の個別回折制御素子が、それぞれの個別回折制御素子の配置に応じてレーザ光の回折を制御してもよい。

回折制御素子に入射するレーザ光に強度分布がある場合に、それぞれの個別回折制御素子の配置に応じてレーザ光の回折を制御することで、回折光の強度分布の均一化を図れる。

【0011】

ここで、前記ホログラム記録装置が、それぞれの個別回折制御素子の制御状態を算出する算出部と、前記算出部での算出結果に基づき、前記複数の個別回折制御素子を制御する制御部と、をさらに具備してもよい。

ホログラム記録装置の状態に応じて制御状態を算出して適宜に複数の個別回折制御素子を制御できる。

【0012】

また、前記ホログラム記録装置が、それぞれの個別回折制御素子と制御状態とを対応して表すテーブルを記憶する記憶部と、前記記憶部に記憶されたテーブルに基づき、前記複数の個別回折制御素子を制御する制御部と、をさらに具備してもよい。

テーブルに基づき複数の個別回折制御素子を制御できる。

【0013】

前記複数の個別回折制御素子が第1、第2の回折状態をとり、第1の回折状態をそれぞれの個別回折制御素子の配置に応じて制御してもよい。

例えば、個別回折制御素子が「暗」状態のときには「明」状態のときよりレーザ光の強度分布の影響をあまり受けないので、計算量の低減を図れる。

【0014】

(3) 前記集光素子が、複数のレンズによって構成されていてもよい。

例えば、回折制御素子から出射された出射光を2つのレンズを通過させて、フーリエ変換を2回行い、ホログラム記録媒体への記録に回折制御素子の回折スペクトルを用いることが可能となる。

【0015】

(4) ホログラム記録装置が、前記レーザ光源から出射されたレーザ光を第1、第2の光に分割し、該第1の光を前記回折制御素子に入射させる光分割素子と、前記光分割素子から出射された第2の光を前記ホログラム記録媒体上の前記集光素子から出射されたレーザ

光が集光された箇所に集光する第2の集光素子と、をさらに具備してもよい。レーザ光源から出射されたレーザ光を回折制御素子を通過させない参照光と回折制御素子を通過させる信号光に分割し、ホログラム記録媒体上でその双方を集光することで、ホログラム記録媒体上に参照光と信号光の干渉縞を記録することができる。なお、光分割素子の一例として、ハーフミラーが挙げられる。

【0016】

ここで、ホログラム記録装置が、前記光分割素子から出射された前記第1の光を遮蔽する光遮蔽素子と、前記第2の集光素子によって前記ホログラム記録媒体上に収束されたレーザ光に基づいて、前記ホログラム記録媒体から出射した光を受光する受光素子と、をさらに具備してもよい。

光分割素子から出射された信号光がホログラム記録媒体に到達しないように遮断して、ホログラム記録媒体に参照光のみが到達するようにすることで、ホログラム記録媒体から記録されたデータに対応する信号光を発生させる。発生した信号光を受光素子で読み取ることで、記録されたデータを再生することができる。

この受光素子は、元々の信号を発生した回折制御素子に対応していることが好ましい。例えば、回折制御素子が一次元または二次元に配列された個別回折制御素子から構成されるときには、これに対応して配列された個別受光素子から構成されることが好ましい。

【0017】

B. 本発明に係るホログラム記録方法は、回折制御素子によって、入射したレーザ光の回折を制御して出射させる回折制御ステップと、前記回折制御ステップで出射された回折光をホログラム記録媒体に集光させる集光ステップと、を具備することを特徴とする。

回折制御素子で回折状態が制御された光をホログラム記録媒体に集光することで、回折制御素子での回折状態に対応した情報をホログラム記録媒体に記録することができる。

【0018】

(1) ホログラム記録方法が、前記回折制御ステップと前記集光ステップとの間に、前記回折制御ステップで出射した回折光から所定次数の回折光成分を抽出する回折光成分抽出ステップをさらに具備してもよい。

回折光から所定次数の回折光成分を抽出することで回折光の強度を変化させ、ホログラム記録媒体にデータを光の強弱として記録することができる。

【0019】

(2) 前記回折制御素子が、前記入射したレーザ光の回折を互いに独立して制御する個別回折制御素子を複数有してもよい。

個別回折制御素子の個数に対応した情報をホログラム記録媒体に記録することが可能になり、より高密度の記録が可能となる。

このときの個別回折制御素子の配列として、一次元（線状）あるいは二次元（平面状）の配列が考えられる。

【0020】

ここで、前記回折制御ステップにおいて、前記複数の個別回折制御素子が、それぞれの個別回折制御素子の配置に応じてレーザ光の回折を制御してもよい。

回折制御素子に入射するレーザ光に強度分布がある場合に、それぞれの個別回折制御素子の配置に応じてレーザ光の回折を制御することで、回折光の強度分布の均一化を図れる。

【0021】

1) 前記ホログラム記録方法が、それぞれの個別回折制御素子の制御状態を算出する算出ステップをさらに具備し、前記算出ステップでの算出結果に基づき、前記回折制御ステップでの前記複数の個別回折制御素子の制御が行われてもよい。

制御状態を適宜に算出して複数の個別回折制御素子を制御できる。

【0022】

2) それぞれの個別回折制御素子と制御状態とを対応して表すテーブルに基づき、前記回折制御ステップでの前記複数の個別回折制御素子の制御が行われてもよい。

テーブルに基づき複数の個別回折制御素子を制御できる。

10

20

30

40

50

【0023】

3) 前記複数の個別回折制御素子が第1、第2の回折状態をとり、第1の回折状態をそれぞれの個別回折制御素子の配置に応じて制御してもよい。

例えば、個別回折制御素子が「暗」状態のときには「明」状態のときよりレーザ光の強度分布の影響をあまり受けないので、計算量の低減を図れる。

【0024】**【発明の実施の形態】**

以下、本発明の実施の形態を図面に基づき説明する。

(第1の実施形態)

図1は本発明の第1の実施形態に係るホログラム記録装置100を表す模式図である。また、図2は図1のX軸方向からホログラム記録装置100を見た状態を表す模式図である。
10

図1、2に示すように、ホログラム記録装置100は、レーザ光源10、一次元型ビームエキスパンダ20、ハーフミラー30、一次元型回折制御素子40、スリット素子50、一次元型受光素子60、シリンドリカルレンズ71、凸レンズ81～85から構成され、ホログラム記録媒体Mへの情報の記録および再生を行う。

【0025】**(一次元型回折制御素子40の内部構成)**

まず、一次元型回折制御素子40について説明する。

図3は、一次元型回折制御素子40を上面から見た状態を表す上面図である。また、図4、5はそれぞれ、一次元型回折制御素子40を側面、および正面から見た状態を表す側面図および正面図である。なお、図4、5の(A)、(B)はそれぞれ、個別回折制御素子41の2つの状態(OFF、ON)を表している。また、図5ではリボン42の動作状態を模式的に表している。
20

一次元型回折制御素子40は、個別回折制御素子41がY方向に複数配列されて構成される。個別回折制御素子41は、入射した光を回折して回折光として出射するものであり、互いに独立して回折状態を制御できる。

【0026】

個別回折制御素子41は、6本のリボン42、リボン42と対向する絶縁膜43および対向電極44を有し、基板45上に構成される。6本のリボン42は、1本おきに3本が上下に駆動される。リボン42と対向電極44との間に電圧を印加することで、この間に静電力が発生し、リボン42が対向電極44へと吸引される(OFF状態:図4(B)、5(B)参照)。そして、リボン42と対向電極44との間に印加された電圧を除去すると、リボン42の弾性力によりリボン42は元の状態に復帰する(OFF状態:図4(A)、5(A)参照)。
30

リボン42は、例えば、幅が数μm、長さが100μm程度、距離dが数百nmとすることができる。このとき、リボン42の動作時間は1μs程度とすることができます。

【0027】

一次元型回折制御素子40(個別回折制御素子41)に対して、レーザ光が垂直に入射した場合を考える。図5(A)のように、個別回折制御素子41の6本のリボン42が同一平面にあれば(OFF状態)、レーザ光はそのまま垂直に反射し、0次回折光のみが発生する。一方、図5(B)のように、リボン42が1本おきに下がっていれば(ON状態)、垂直に反射する0次回折光の他に1次回折光も発生する。なお、2次以上の回折光の強度は小さいので、無視することとする。
40

このとき、一次元型回折制御素子40からの0次回折光と1次回折光の比率は降下したりボン42と降下していないリボン42の間隔dで決まり、間隔dが $\lambda/4$ (λ :レーザ光の波長)であれば1次回折光のみが出射する。即ち、降下したりボン42からの0次回折光と降下していないリボン42からの0次回折光が、互いに打ち消しあって強度が0となり、1次回折光のみが残存することになる(前述のように2次以上の成分は無視)。

【0028】

個別回折制御素子 4 1 の O N 状態での回折光は、降下したリボン 4 2 および降下していないリボン 4 2 それぞれからの互いに半波長位相がずれた回折光が混合した光である。即ち、リボン 4 2 それぞれは、その変位によってそれぞれから回折される回折光の位相を可変できる、位相可変素子と考えることができる。

【0029】

以上のように、一次元型回折制御素子 4 0 を構成する個別回折制御素子 4 1 それぞれが独立に 2 つの回折状態 (O F F : 0 次回折光のみ、O N : 一次回折光のみ) をとることで、画素数 (個別回折制御素子 4 1 の個数) 分のビット数のデータを表現できる。例えば、1 0 8 8 個の個別回折制御素子 4 1 を配列することで、1 0 8 8 ビットのデータを表現できる。

10

【0030】

以上、レーザ光が直入射した場合における一次元型回折制御素子 4 0 (個別回折制御素子 4 1) の動作を説明したが、この動作原理は一次元型回折制御素子 4 0 に斜めにレーザ光が入射した場合も基本的に同じである。但し、斜入射では直入射よりも光路長差が短くなるため、間隔 d がほぼ $(\lambda / 4) / \cos \theta$ のときに 1 次回折光のみを出射することになる (θ は一次元型回折制御素子 4 0 に対するレーザ光の入射角)。

【0031】

(他の構成要素)

以下、一次元型回折制御素子 4 0 以外の構成要素について説明する。

レーザ光源 1 0 は、レーザ光を出射する光源である。

20

一次元型ビームエキスパンダ 2 0 は、半楕円柱形状の凹みを有する平凹レンズ 2 1 と楕円柱形状のシリンドリカルレンズ 2 2 を組み合わせて構成され、入射した光のビーム径を一次元方向 (Y 方向) に拡大する光学素子である。一次元型ビームエキスパンダ 2 0 を通過することで、レーザ光源 1 0 から出射したレーザ光のビーム形状は略円形から略楕円形へと変換される。この変換は、図 2 に示されるように、一次元型回折制御素子 4 0 の Y 方向に配列された個別回折制御素子 4 1 全体に光ビームを照射するために行われる。

ハーフミラー 3 0 は、入射した光を 2 つの光に分岐する光学素子である。

シリンドリカルレンズ 7 1 は、入射した光ビームを X 方向に集光するための光学素子である。この集光は、一次元型回折制御素子 4 0 の X 方向での大きさにレーザ光を対応させるために行われる。

30

【0032】

凸レンズ 8 1 は、一次元型回折制御素子 4 0 から出射した回折光の回折スペクトルを形成するための光学素子である。

スリット素子 5 0 は、凸レンズ 8 1 の焦点付近に配置され、一次元型回折制御素子 4 0 から出射した回折光の 1 次以上の回折光成分を除去 (逆にいえば、0 次の回折光成分を抽出) するための光学素子である。スリット素子 5 0 には、Y 方向に沿ったスリット 5 1 (開口) が形成されている。スリット 5 1 が Y 方向に沿っているのは個別回折制御素子 4 1 の配列方向と対応したものである。スリット 5 1 は、図 6 に示すように 0 次回折光 L 0 はスリット 5 1 を通過するが、一次回折光 L 1 (正負の 1 次回折光 L + 1, L - 1 の双方を含む) はスリット 5 1 を通過できずスリット素子 5 0 によって遮蔽される。これは、1 次回折光 L 1 は 0 次回折光 L 1 に対して角度 $\pm \theta$ 傾いて出射するからである (角度 θ の正負は 1 次回折光の正負 (+1 次か -1 次か) に対応する)。

40

【0033】

凸レンズ 8 2 は、スリット素子 5 0 から出射した光を略平行光に変換するための光学素子である。

凸レンズ 8 3 は、凸レンズ 8 2 から出射した略平行光をホログラム記録媒体 M に集光するための光学素子である。

ここで、凸レンズ 8 2, 8 3 とレンズを 2 つ用いているのは、スリット 5 1 で 1 次回折光を除去した回折光の回折スペクトル自体をホログラム記録媒体 M に記録するためである。もしも凸レンズ 8 2, 8 3 の 1 つのみを用いた場合には、回折光が一度のみフーリエ変換

50

されることになり、ホログラム記録媒体Mに記録されるのは一次元型回折制御素子40の実像になる。この実像は、スリット素子50により回折光から1次回折成分が除去されているので、リボン42の位置がそろっている画素（図5（A））は明、リボン42が1本おきに上下している画素（図5（B））は暗となったものである。本実施形態では、凸レンズ82、83を用いることで、回折光の回折スペクトル自体をホログラム記録媒体Mに記録している。

なお、ホログラム記録媒体Mへのデータの記録は、一次元型回折制御素子40からの回折スペクトル自体またはその実像のいずれによっても行うことが可能である。

【0034】

凸レンズ84は、ハーフミラー30からX負方向に出射した光をホログラム記録媒体Mに集光するための光学素子である。凸レンズ84から出射した光は凸レンズ83から出射した光とホログラム記録媒体Mの同一箇所に照射され干渉縞（光の明暗）を形成する。10

【0035】

ホログラム記録媒体Mは、凸レンズ83、84からの出射光による干渉縞を屈折率の変化として記録する記録媒体である。ホログラム記録媒体Mの構成材料として、光の強度に応じて屈折率の変化が行われる材料であれば、有機材料、無機材料の別を問うことなく利用可能である。

無機材料として、例えば、ニオブ酸リチウム（LiNbO₃）のような電気光学効果によって露光量に応じ屈折率が変化するフォトリフレクティブ材料を用いることができる。

有機材料として、例えば、光重合型フォトポリマを用いることができる。光重合型フォトポリマは、その初期状態では、モノマがマトリクスピリマに均一に分散している。これに光が照射されると、露光部でモノマが重合する。そして、ポリマ化するにつれてその部分の屈折率が変化する。20

以上のように、ホログラム記録媒体Mの屈折率が露光量に応じて変化することで、参照光と信号光との干渉によって生じる干渉縞を屈折率の変化としてホログラム記録媒体Mに記録できる。

【0036】

凸レンズ85は、ホログラム記録媒体Mからの記録の再生を行った際の再生光を一次元型受光素子60に集光させるための光学素子である。

一次元型受光素子60は、Y方向に複数の受光素子が配列され、凸レンズ83から出射した再生光を受光し、受光した光の強度に応じた信号を出力する。一次元型受光素子60は、一次元型回折制御素子40の個別回折制御素子41に対応して、受光素子がY方向に一次元的に配列されている。30

但し、一次元型受光素子60に換えて、2次元（平面的）に複数の受光素子が配列されたものを用いることも可能である。

【0037】

（ホログラム記録装置100の動作）

A. ホログラム記録媒体Mへのデータの記録（図1、2参照）

レーザ光源10から出射したレーザ光は一次元型ビームエキスパンダ20によってY方向にビーム径が拡大された後に、ハーフミラー30によって2つの光（参照光、信号光）に区分される。40

参照光は、凸レンズ84を通過してホログラム記録媒体Mに集光される。

【0038】

信号光は、シリンドリカルレンズ71によってX方向に収束され、一次元型回折制御素子40に入射する。既述のように、個別回折制御素子41それぞれが独立に2つの回折状態（OFF：0次回折光のみ、ON：一次回折光のみ）をとることで、一次元型回折制御素子40全体で個別回折制御素子41の個数分のビット数（例えば、個別回折制御素子41が1088個の場合には、1088ビット）のデータを表現できる。

【0039】

一次元型回折制御素子40で回折された回折光は、凸レンズ81で収束されてスリット素50

子 50 を通過することで、2つの回折状態 (OFF, ON) に対応した2つの強度 (明、暗) をとる。即ち、個別回折制御素子 41 の ON、OFF をビットの 1, 0 に対応させることができる。

回折状態が強度に変換された回折光は、凸レンズ 82, 83 を経由してホログラム記録媒体 M に集光される。このときに参照光と信号光がホログラム記録媒体 M の略同一箇所に集光されることから、ホログラム記録媒体 M に干渉縞が形成され、干渉縞に対応してホログラム記録媒体 M の屈折率が変化する。

【0040】

以上のように、一次元型回折制御素子 40 の個別回折制御素子 41 それぞれの2値状態に対応してホログラム記録媒体 M の屈折率分布が形成され、ホログラム記録媒体 M へのデータの記録が可能となる。例えば、個別回折制御素子 41 が 1088 個の場合には、一次元型回折制御素子 40 を用いてホログラム記録媒体 M を一回露光することで、1088 ビットのデータが記録される。

参照光と信号光の集光箇所をずらしてホログラム記録媒体 M 上への露光を複数回行うこと、個別回折制御素子 41 の個数の複数倍のビット数のデータをホログラム記録媒体 M に記録できる。即ち、個別回折制御素子 41 の ON、OFF 個別回折制御素子 41 の個数を n、露光回数を m とすると、ホログラム記録媒体 M に $n \cdot m$ ビットのデータを記録できる。

【0041】

上記において、凸レンズ 81 およびスリット素子 50 により、一次元型回折制御素子 40 で回折した回折光が光の明暗 (強弱) へと変換される。これは、一般に一次元型受光素子 60 を構成する受光素子 (例えば、CCD) は、光の強弱を検出できるが、光の位相を検出する能力はないことと対応している。

後述する記録の再生時に一次元型受光素子 60 に入射するのは、記録時にホログラム記録媒体 M に入射した信号光に対応する光である。信号光を凸レンズ 81 およびスリット素子 50 を通過させることで、光の明暗に変換してホログラム記録媒体 M に記録し、一次元型受光素子 60 の特性と対応させている。

但し、一次元型受光素子 60 を構成する受光素子に位相の違いを検知できるものを用いることで、凸レンズ 81 およびスリット素子 50 を不要とすることができる。

【0042】

一次元型回折制御素子 40 を用いてデータの記録を行う場合において、データの記録に要する時間を算定する。

既述のように、個別回折制御素子 41 の反応時間は、例えば、 $1 \mu\text{秒}$ である。画素数 (個別回折制御素子 41 の数) が約 1000 として、1 画素 (個別回折制御素子 41) で明暗 1 ビットを表すとすると、1 ビット当たりで $1 \text{n秒} (= 1 \mu\text{秒} / 1000)$ となる。

これに対して、液晶素子では、その反応時間が一般的な数十 m秒 とした場合には、画素数が $1000 * 1000$ としても、1 ビット (1 画素) 当たりで数十 $\text{n秒} (= \text{数十 m秒} / (1000 * 1000))$ となる。

以上のように、一次元型回折制御素子 40 は、二次元強度変調素子としての液晶素子より 1 枠速いことになる。

以上のように、一次元型回折制御素子 40 を用いることで、ホログラム記録媒体 M への記録速度を向上させることができる。

なお、一次元型回折制御素子 40 に換えて、後述の二次元型回折制御素子 40A を用いることで、1 ビット当たりでの記録時間は、 $1 \text{p秒} (= 1 \mu\text{秒} / (1000 * 1000))$ となり、液晶素子に比べて 4 枠速くなる。

【0043】

B. ホログラム記録媒体 M からのデータの再生

図 7 は、ホログラム記録装置 100 を用いてホログラム記録媒体 M からのデータの再生を行っている状態を表す模式図である。

ホログラム記録媒体 M からデータの再生を行うには、レーザ光源 10 から出射され、ハーフ

フミラー30によって区分された2つの光（参照光、信号光）の内、遮蔽板90によって信号光を遮断し、参照光のみを凸レンズ85を通過してホログラム記録媒体Mに集光している。なお、遮蔽板90から反射された光が参照光に混入してノイズの原因になるのを防止するため、例えば、遮蔽板90を入射光に対して少し傾けるのが好ましい。また、ハーフミラー30に換えて、通常のミラーを用いれば遮蔽板90は不要となる。

ホログラム記録媒体Mに入射した参照光はホログラム記録媒体M内の屈折率分布によって回折され、信号光が発生する。発生した信号光は、ホログラム記録媒体Mへの記録の際に信号光が入射してきた記録用の信号光の進行方向延長上から出射する。この再生された信号光を凸レンズ85で収束して一次元型受光素子60に入射させる。一次元型受光素子60それぞれの受光素子が受光した光の強度として、ホログラム記録媒体M内に記録されたデータを再生することができる。

【0044】

(第2の実施形態)

図8は本発明の第二の実施形態に係るホログラム記録装置200を表す模式図である。

図8に示すように、ホログラム記録装置200は、レーザ光源10、二次元型ビームエキスパンダ20A、ハーフミラー30、二次元型回折制御素子40A、ピンホール素子50A、二次元型受光素子60A、凸レンズ71A、凸レンズ81～85から構成され、ホログラム記録媒体Mへの情報の記録および再生を行う。

基本的には、ホログラム記録装置100の一次元型回折制御素子40に換えて、二次元型回折制御素子40Aを用いている。この二次元型回折制御素子40Aは、前述の個別回折制御素子41を2方向に（平面的に）配列したものである。この結果、一度に記録できる情報量が増大し、また前述のようにホログラム記録媒体Mへのビット当たりの記録速度をより向上させることができる。

【0045】

二次元型回折制御素子40Aを用いたことに伴って、一次元型ビームエキスパンダ20に換えて通常の凹レンズ21Aと凸レンズ22Aとを組み合わせた二次元型ビームエキスピンドル20Aが、スリット素子50に換えてピンホール素子50Aが、シリンドリカルレンズ71に換えて凸レンズ71Aが配置されている。ピンホール素子50Aには略円形のピンホール51A（微少な開口）が形成されている。また、一次元型受光素子60に換えて、二次元型受光素子60Aが配置されている。

【0046】

二次元型ビームエキスパンダ20A、および凸レンズ71Aへの変更は、二次元型受光素子60Aの全画素にレーザーが照射されるようにするためである。ピンホール素子50Aへの変更は、二次元型回折制御素子40Aからの回折光の回折方向が2次元的となることに対応している。また、二次元型受光素子60Aは二次元型回折制御素子40Aに対応させたものである。

ホログラム記録装置200の基本的な動作は、ホログラム記録装置100と本質的に異なる訳ではないので、説明を省略する。

【0047】

(第3の実施形態)

第1、第2の実施形態では、一次元型回折制御素子40または二次元型回折制御素子40Aを構成する個別回折制御素子41それぞれは、2値を識別できる2通りの状態に制御されれば十分だとしている。例えば、ホログラム記録媒体Mに到達する信号光量が大きい状態（以下、このときの個別回折制御素子41の状態を「明」状態という）と小さい状態（以下、このときの個別回折制御素子41の状態を「暗」状態という）の2通りを個別回折制御素子41がとればよい。

ところで、一次元型回折制御素子40または二次元型回折制御素子40Aに入射するレーザ光の光量にはある程度の分布を有する場合が多い。レーザ光のビームは、ビームの中心付近で光量が大きく、ビームの端の部分で光量が小さくなる例えは、ガウス分布をとる。この場合には、ホログラム記録媒体Mに到達するレーザ光の光量にも分布が生じ、到達光

量の均一化を図ることが望ましい。

【0048】

到達光量の均一化は、個別回折制御素子41の状態が「明」状態のとき方が、「暗」状態のときよりも必要性が大きい。「暗」状態の個別回折制御素子41ではホログラム記録媒体Mへの到達光量自体が小さいためレーザ光の光量の分布はさほど問題とはならない。しかし、「明」状態の個別回折制御素子41ではホログラム記録媒体Mへの到達光量はレーザ光の光量の分布を反映したものとなる。ホログラム記録媒体Mへの到達光量は、回折制御素子40の中心付近に対応する箇所では大きく、回折制御素子40の端の部分では小さくなる。このため、回折制御素子40の端付近でホログラム記録媒体Mへの記録に必要な光量が出射されると、回折制御素子40の中心付近では大すぎる光量が出射される。

【0049】

ホログラム記録媒体Mはその同一箇所に多重で記録することによって記録密度を上げることができる。しかし、必要以上の照射量で記録された部分はホログラム記録媒体Mの記録物質を消費し、多重で記録できる回数が減少し、ひいては記録密度が低減することになる。

これを防止するため、本実施形態では個別回折制御素子41のリボン42の移動量をその位置に対応して変化させることで、0次回折光、±1次回折光の光量比率を調整する。

【0050】

図9は本発明の第3の実施形態に係るホログラム記録装置300を表す模式図である。本図に示されるように、ホログラム記録装置300は、データ記憶部91、制御量調節部92、回折制御素子駆動部93を有する制御部90によって一次元型回折制御素子40を制御する。なお、光学的な要素は、第1の実施形態と同様なので、説明を省略する。

データ記憶部91はホログラム記録媒体Mに記録するデータを記憶する記憶部である。

制御量調節部92は、それぞれの個別回折制御素子41の位置に応じて個別回折制御素子41の制御量を調節する。この結果、ホログラム記録媒体Mに到達する信号光の光量の均一性の向上が図られる。

回折制御素子駆動部93は制御量調節部92で調節された制御量に基づき一次元型回折制御素子40を駆動する。

【0051】

以下、制御量調節部92による個別回折制御素子41の制御量の調節の詳細を説明する。この調節は以下の計算式に基づき、個別回折制御素子41に送るデジタル値のデータ“0”（「明」状態に相当），“1”（「暗」状態に相当）を多值（例えば、8ビットの256値）のデジタル電圧に変換することで行われる。

ここでは、判りやすさのために、個別回折制御素子41に対してレーザ光がほぼ垂直に入射しているとして説明する。個別回折制御素子41へのレーザ光の入射が垂直でない場合は、入射が垂直な場合と比べて、リボン42の降下量を調整する必要があるが、基本的な考えは同じである。具体的には、個別回折制御素子41に対するレーザ光の入射角を α としたとき、後述の式(2)、(3)において λ を $\lambda / \cos(\alpha)$ に置き換えれば良い。

【0052】

図10は、一次元型回折制御素子40上の個別回折制御素子41の位置yと対応して、個別回折制御素子41に入射するレーザ光の強度分布 $I(y)$ を表したグラフである。ここで、図10(A)が個別回折制御素子41の配置を、図10(B)がレーザ光の強度分布 $I(y)$ を表す。

一次元型回折制御素子40の長さ方向のY軸の中心を0とすると、光強度 $I(y)$ は次式のガウス関数で表せる。

$$I(y) = I_0 \cdot e^{-\frac{1}{2} \left(\frac{y}{\sigma} \right)^2} \quad \cdots \text{式(1)}$$

ここで、 I_0 ： $y=0$ での光強度 $I(0)$ 、 σ ：標準偏差である。

$y = \sigma$ のときの光強度 $I(\sigma)$ は中心 $y = 0$ のときの光強度 I_0 に対して $1/e^2$ に低下する。なお、標準偏差 σ の値は光学系によって異なる。

【0053】

一次元型回折制御素子 4 0 の両端を $y = \pm y_{\max}$ とする。任意の y における光量を両端位置の光量にあわせるためには下の式(2)で表される $C(y)$ をかけねばいい。この式(2)は式(1)で $y = y_{\max}$ の場合と $y = y$ の場合との値の比である。

$$C(y) = \exp[-2 \cdot (y_{\max} / \sigma)^2] / \exp[-2 \cdot (y / \sigma)^2] \quad \cdots \text{式(2)}$$

【0054】

次に、リボン 4 2 の変位量 s と個別回折制御素子 4 1 からの 0 次回折光の反射率 $D(s)$ との関係につき説明する。

既述のように、個別回折制御素子 4 1 の 6 本のリボン 4 2 のうち 3 本が固定され、残りの 3 本が印加された電界に応じて降下する。固定されたリボン 4 2 から出射される 0 次回折光の振幅を $\sin(\omega t)$ とする。すると s だけ降下したリボン 4 2 から出射される 0 次回折光の振幅を $\sin(\omega t + 4\pi s / \lambda)$ と表せる。個別回折制御素子 4 1 全体(1画素)としての 0 次回折光の振幅 $f(s)$ はこれらの和であり、次の式(3)のように表せる。

$$\begin{aligned} f(s) &= \sin(\omega t) + \sin(\omega t + 4\pi s / \lambda) \\ &= 2 \cdot \sin(\omega t + 2\pi s / \lambda) \cdot \cos(2\pi s / \lambda) \end{aligned} \quad \cdots \text{式(3)}$$

$\sin(\omega t + 2\pi s / \lambda)$ は入射光に対する位相の変化を表しており、光量変化には関係しない。光量変化は $\cos(2\pi s / \lambda)$ に依存しており、リボンが s だけ降下すると振幅は $\cos(2\pi s / \lambda)$ 倍に減少する。

【0055】

光量は振幅の 2 乗だから、0 次回折光の反射率 $D(s)$ は次の式(4)のように表される。

$$\begin{aligned} D(s) &= \cos^2(2\pi s / \lambda) \\ &= \{1 + \cos(4\pi s / \lambda)\} / 2 \end{aligned} \quad \cdots \text{式(4)}$$

式(4)をグラフとして表したもののが図 1 1 である。リボン 4 2 の変位 s が 0 のとき反射率 $D(0)$ は 1 で、変位 s が $\lambda / 4$ のとき反射率 $D(\lambda / 4)$ は 0 となる。

【0056】

リボン 4 2 の降下量 s は印加電圧 V に比例し、 $s = \lambda / 4$ のときに 0 次回折光量は 0 となる。このため、降下量 $s = 0 \sim \lambda / 4$ を 8 ビットのデジタル電圧 $V_d = 0 \sim 255$ と対応させると、デジタル電圧 V_d は式(5)のように表される。

$$V_d = 255 \cdot (4 / \lambda) \cdot s \quad \cdots \text{式(5)}$$

【0057】

以下、ホログラム記録装置 3 0 0 の制御部 9 0 の動作を説明する。制御部 9 0 は次のように動作する。

A. データ記憶部 9 1 から記憶すべきデータが出力される。

【0058】

B. 制御量調節部 9 2 により次のような処理が行われる。

(1) データ記憶部 9 1 から出力されたデータを回折制御素子 4 0 を構成する個別回折制御素子 4 1 の個数(画素数、例えば 1 0 8 8 個)ごとに区切る。

(2) 各データが回折制御素子 4 0 のどの個別回折制御素子 4 1 で表示されるかを求める。

(3) 個別回折制御素子 4 1 の位置に対応する 0 次反射光量の補正值を式(2)により算出する。

(4) 0 次反射光量の補正值に対応するリボン 4 2 の変位量を式(4)により算出する。

(5) その個別回折制御素子 4 1 に印加する電圧(デジタル値)を式(5)により算出する。

【0059】

ここで、それぞれの個別回折制御素子 4 1 に対応するデータが”0”、“1”的いずれであるか（「明」状態か、「暗」状態か）に応じて、（3）～（5）の処理を行うか否かを決めることができる。

即ち、個別回折制御素子 4 1 が「明」状態のときには（3）～（5）に従いデジタル電圧を補正する。これに対して、個別回折制御素子 4 1 が「暗」状態のときにはデジタル電圧を補正せず一律に所定の値（例えば、デジタル電圧が8ビットのとき255）とする。個別回折制御素子 4 1 が「暗」状態のときには、レーザ光の強度分布がホログラム記録媒体 M への入射光の強度に与える影響が小さいためである。このようにして、制御量調節部 9 2 による計算量を低減することができる。

【0060】

C. 制御量調節部 9 2 により算出されたデジタル電圧に基づき、回折制御素子制御部 9 3 により回折制御素子 4 0 が駆動される。その結果、信号光が変調され、ホログラム記録媒体 M へのデータの記録が行われる。

なお、光学系の動作は第1の実施形態と同様であるので説明を省略する。

【0061】

図12は、個別回折制御素子 4 1 が補正制御されたときのリボン 4 2 の変位状態の一例を表す模式図である。Y a、Y b、Y c が図10に示した個別回折制御素子 4 1 の位置に対応し、0、1 がデータの”0”、“1”に対応する。即ち、（Y a : 0）は Y a の位置の個別回折制御素子 4 1 がデータ”0”を表示した場合に対応する。

回折制御素子 4 0 の端から中央に向かうにつれ（Y a → Y b → Y c）、データ”0”的表示状態（「明」状態）が本来のリボン 4 2 の変位がない状態（デジタル電圧：0）から変位がある状態に移り変わることが判る。この結果、回折制御素子 4 0 の端の光強度に対応するように回折制御素子 4 0 から出射される0次回折光の強度分布が均一化される。なお、データ”1”的表示状態は「暗」状態なので、ここではリボン 4 2 の変位量の調節を行わず、一律にデジタル電圧255で表される状態としている。

【0062】

（第3の実施形態の変形例1）

第3の実施形態における制御量調節部 9 2 の動作では、制御量調節部 9 2 により個別回折制御素子 4 1 毎の制御量を毎回算出している。これは、ホログラム記録媒体 M への多重記録を行う場合に角度や位置によって補正量が異なる場合に有用である。

これに対して、補正量の算出を毎回行わないようにすることも可能である。

図13は制御部 9 0 の変形例たる制御部 9 0 A を表すブロック図であり、補正量を記憶しておくことで、その算出を不要としている。これは補正量が決まっている場合に有用である。例えば、ホログラム記録媒体 M への多重記録を行う場合に角度を変えても補正量を変える必要がない場合に用いることができる。

【0063】

制御部 9 0 A は、データ記憶部 9 1、補正量記憶部 9 2 A、回折制御素子駆動部 9 3 A を有する。

補正量記憶部 9 2 A は、各個別回折制御素子 4 1 に対応する補正量を記憶する。この補正量は、制御量調節部 9 2 の動作で説明した手法を用い予め算出しておけばよい。

回折制御素子駆動部 9 3 A は、補正量記憶部 9 2 A に記憶された各個別回折制御素子 4 1 毎の補正量と、データ記憶部 9 1 から出力されたデータの両者に基づき回折制御素子 4 0 を駆動する。この結果、回折制御素子 4 0 から出射される0次回折光の強度分布が均一化される。

【0064】

なお、補正量記憶部 9 2 A に記憶される補正量の組み合わせは単一である必要はない。例えば、100回の角度多重でホログラム記録媒体 M に記録を行う場合に角度ごとに最適補正量が異なるときにはその100種類のパターンを記憶してもよい。

なお、ホログラム記録媒体 M への記録位置を変えても角度に関する100種類の補正量がそのまま使える場合には、角度に関する100種類のパターンを補正量記憶部 9 2 A

に記憶しておけば良く、記録位置に対応する補正量を記憶する必要はない。

【0065】

(第3の実施形態の変形例2)

第3の実施形態では光量分布の補正值を計算する際にガウス関数を使用したが、他の関数を用いることもできる。光学系によっては光量分布がガウス分布からずれることもありえる。それぞれの光学系の光量分布に合わせた補正を行うことができる。他の関数の例として、中心が強く端が弱い類似の関数、たとえば2次関数を挙げることができる。

【0066】

(第3の実施形態の変形例3)

第3の実施形態は、信号光の制御に一次元型回折制御素子40を用いているが、これに換えて第2の実施形態で示した二次元型回折制御素子40Aを用いることも可能である。

その場合には二次元型回折制御素子40Aを構成する個別回折制御素子41は2つの座標で表すことができる。この座標を(y, u)とすると式(2)は次の式(12)で表すことができる。

$$C(y, u) = \{ \exp[-2 \cdot (y_{\max}/\sigma)^2] \cdot \exp[-2 \cdot (u_{\max}/\sigma)^2] \} / \{ \exp[-2 \cdot (y/\sigma)^2] * \exp[-2 \cdot (u/\sigma)^2] \}$$

…式(12)

ここでは、uの最大値(二次元型回折制御素子40Aのu方向の端)をu_{max}としている。

なお、式(3)～(5)は二次元型回折制御素子40Aを用いた場合でもそのまま用いることができる。

この変形例3の光学系は図8に示した第2の実施形態と同様であり、二次元型回折制御素子40Aの制御は式(2)に換えて式(12)を用いることが異なるのみである。他の点では第2、第3の実施形態と本質的に変わらぬわけではないので詳細な説明を省略する。

【0067】

(第3の実施形態の変形例4)

第3の実施形態での光量均一化の考え方とは、一次元型回折制御素子40に換えて液晶等の光変調素子として用いる場合にも適用できる。液晶の場合も画素に印加する電圧により透過光量または反射光量を調整できるからである。

図14は、第3の実施形態の変形例4に係るホログラム記録装置400を表す模式図である。

本図に示すようにホログラム記録装置400は、レーザ光源10、二次元型ビームエキスパンダ420、ハーフミラー30、空間変調素子440、ミラー450、二次元型受光素子460、凸レンズ83～85、制御部490から構成され、ホログラム記録媒体Mへの情報の記録および再生を行う。

【0068】

二次元型ビームエキスパンダ420は、凹レンズ421と凸レンズ422を組み合わせて構成され、入射したレーザ光のビーム径を二次元方向に拡大する光学素子である。

空間変調素子440は、縦横2次元方向に画素を有し、入射したレーザ光を2次元的に変調する光学素子であり、例えば、液晶表示素子を用いることができる。

ミラー450は空間変調素子440を通過したレーザ光を反射しその方向を変える光学素子である。

【0069】

制御部490は、データ記憶部91、制御量調節部492、空間変調器駆動部493から構成される。

データ記憶部91はホログラム記録媒体Mに記録するデータを記憶する記憶部である。

制御量調節部492は、それぞれの個別回折制御素子41の位置に応じて空間変調素子440の画素の制御量を調節する。この結果、ホログラム記録媒体Mに到達する信号光の光量の均一性の向上が図られる。

空間変調素子駆動部493は制御量調節部492で調節された制御量に基づき空間変調素

子 4 4 0 を駆動する。

制御量調節部 4 9 2 による画素の制御量の補正は既述の式(12)を利用することができます。制御対象が二次元型回折制御素子 4 0 A と空間変調素子 4 4 0 とで異なるものの、ホログラム記録媒体 M に到達する信号光の光量の均一性の向上を図らんとするることは変わらない。このため、制御対象の相違によるものを除き制御内容の本質は変形例 3 と同様となる。

【0070】

ホログラム記録装置 4 0 0 では、レーザ光源 2 0 から出射されたレーザ光のビーム径が二次元型ビームエキスパンダ 4 2 0 で拡大されてハーフミラー 3 0 で信号光と参照光に分離される。参照光は凸レンズ 8 4 でホログラム記録媒体 M に集光される。信号光は空間変調素子 4 4 0 で変調されミラー 4 5 0 で反射され、凸レンズ 8 3 でホログラム記録媒体 M に集光される。ホログラム記録媒体 M での信号光の強度分布が均一化されるように制御部 4 9 0 による制御が行われる。

【0071】

(第3の実施形態の特徴)

第3の実施形態には以下のような特徴がある。

(1) 必要以上の強度の信号光をホログラム記録媒体 M に照射することが防止できる。このため、ホログラム記録媒体 M への多重記録の際の他重度を理論値に近づけることができる。

【0072】

(2) “明”状態の個別回折制御素子 4 1 から出射される0次回折光がほぼ同一の強度となるので、再生時の“明”状態の明るさは受光素子 6 0 の各画素の位置によらず同一となる。このため、受光素子 6 0 の最適光量に再生光を設定できる。

本実施形態で示したような光量の調節を行わない場合には、再生光は受光素子 6 0 の中心付近の“明”状態で明るく、端付近の“暗”状態では暗い。このため、例えば、受光素子 6 0 の端付近で最適光量となる再生光を照射すると、受光素子 6 0 の中心付近では光量過多(オーバーパワー)となる可能性がある。

【0073】

(その他の実施形態)

本発明の実施形態は上記の実施形態に限られず拡張、変更可能であり、拡張、変更した実施形態も本発明の技術的範囲に含まれる。

例えば、一次元型回折制御素子あるいは二次元型回折制御素子に換えて、回折状態を制御可能な回折格子一般を用いることができる。個別回折制御素子 4 1 がそれぞれ有するリボンは6つに限らずもっと多数、あるいはより少ない個数でも差し支えない。但し、このリボンの個数は偶数とし、一本おきに上下に駆動されることが望ましい。

回折格子として、リボンから回折される回折光それに位相差を付与する位相差方式以外の種々の回折格子を用いることができる。

また、既述のように、回折制御素子を構成するリボンそれを位相可変素子(位相変調素子)と考えられることから、位相可変素子を組み合わせて回折格子を構成することができる。即ち、一次元型回折制御素子あるいは二次元型回折制御素子に換えて、一次元あるいは二次元の位相変調素子一般を用いてホログラム記録装置を構成できる。

【0074】

【発明の効果】

以上説明したように、本発明によれば液晶素子を用いることなく、ホログラム記録媒体へのデータの記録を行うホログラム記録装置およびホログラム記録方法を提供できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施形態に係るホログラム記録装置を表す模式図である。

【図2】図1のX軸方向からホログラム記録装置を見た状態を表す模式図である。

【図3】図1に示す一次元型回折制御素子を上面から見た状態を表す上面図である。

【図4】図1に示す一次元型回折制御素子を側面から見た状態を表す上面図である。

【図 5】図 1 に示す一次元型回折制御素子を正面から見た状態を表す正面図である。

【図 6】一次元型回折制御素子からの 1 次回折光がスリット素子により遮断されている状態を表した模式図である。

【図 7】ホログラム記録装置を用いてホログラム記録媒体からのデータの再生を行っている状態を表す模式図である。

【図 8】本発明の第 2 の実施形態に係るホログラム記録装置を表す模式図である。

【図 9】本発明の第 3 の実施形態に係るホログラム記録装置を表す模式図である。

【図 10】個別回折制御素子に入射するレーザ光の強度分布を個別回折制御素子の位置と対応して表したグラフである。

【図 11】リボンの変位と個別回折制御素子からの 0 次回折光の反射率の関係を表すグラフである。

【図 12】個別回折制御素子が補正制御されたときのリボンの変位状態の一例を表す模式図である。

【図 13】第 3 の実施形態の変形例 1 に係る制御部を表すブロック図である。

【図 14】第 3 の実施形態の変形例 4 に係るホログラム記録装置を表す模式図である。

【図 15】従来のホログラム記録装置を表す模式図である。

【図 16】ホログラム記録媒体からデータを再生している状態を表す模式図である。

【符号の説明】

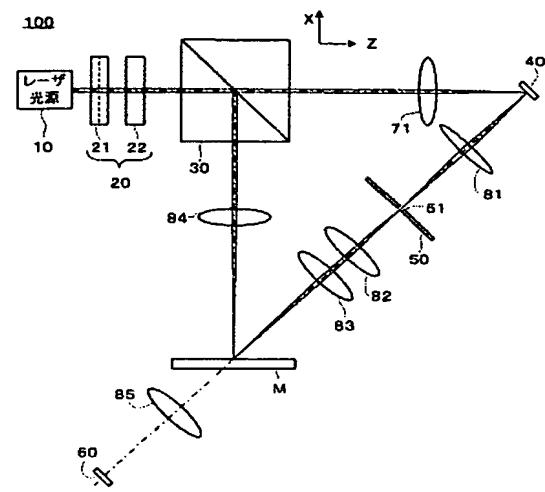
1 0 0	ホログラム記録装置
1 0	レーザ光源
2 0	一次元型ビームエキスパンダ
2 1	平凹レンズ
2 2	シリンドリカルレンズ
3 0	ハーフミラー
4 0	一次元型回折制御素子
4 1	個別回折制御素子
4 2	リボン
4 3	絶縁膜
4 4	対向電極
4 5	基板
5 0	スリット素子
5 1	スリット
6 0	一次元型受光素子
7 1	シリンドリカルレンズ
8 1 ~ 8 5	凸レンズ
M	ホログラム記録媒体

10

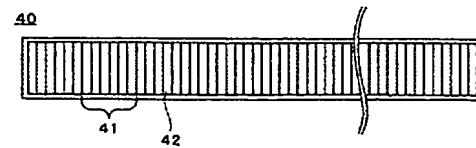
20

30

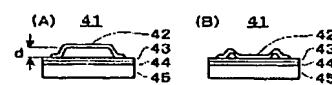
【図1】



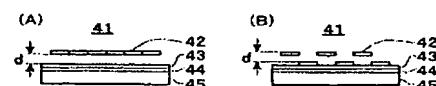
【図3】



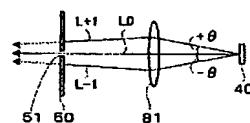
【図4】



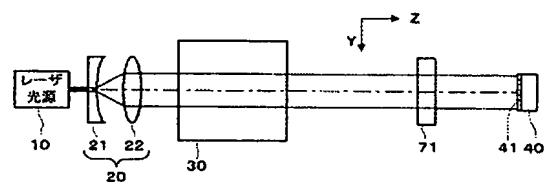
【図5】



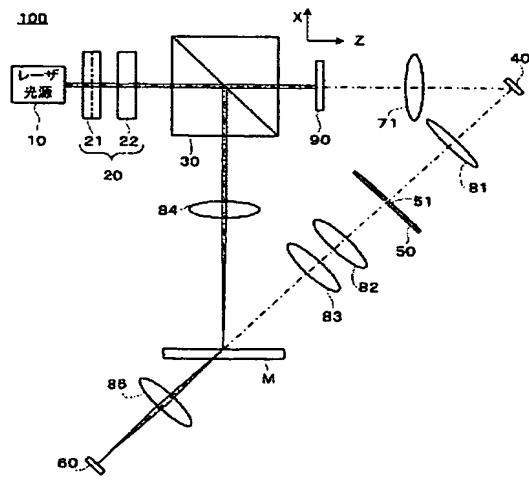
【図6】



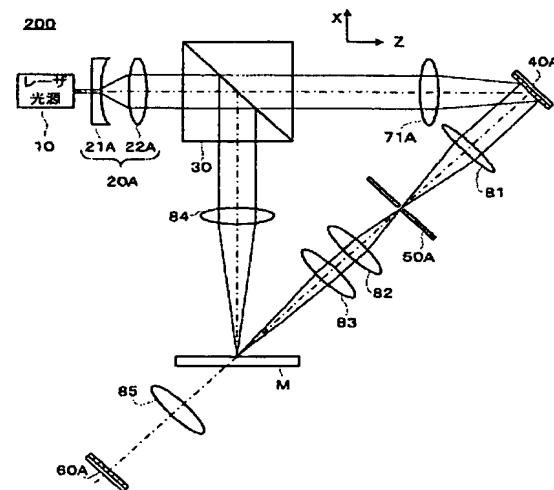
【図2】



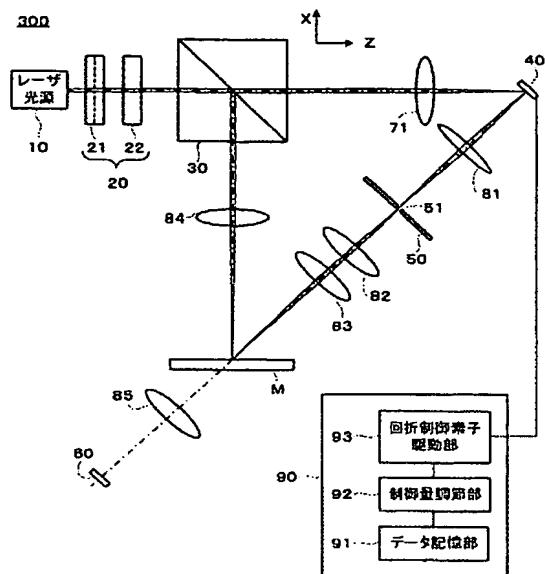
【図7】



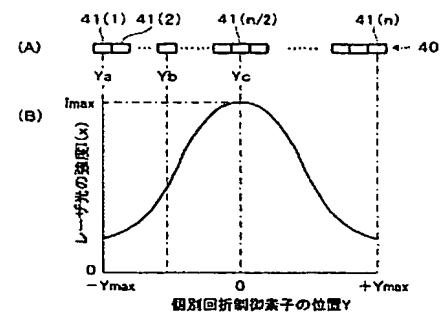
【図8】



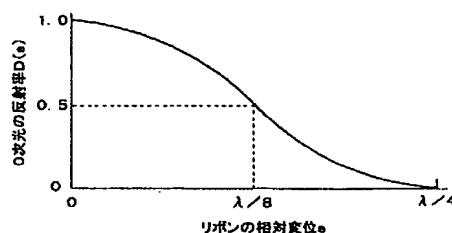
【図9】



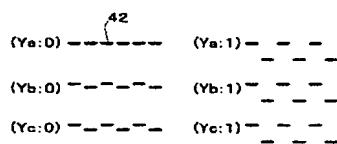
【図10】



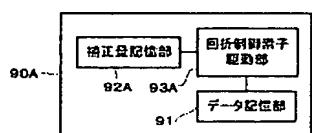
【図11】



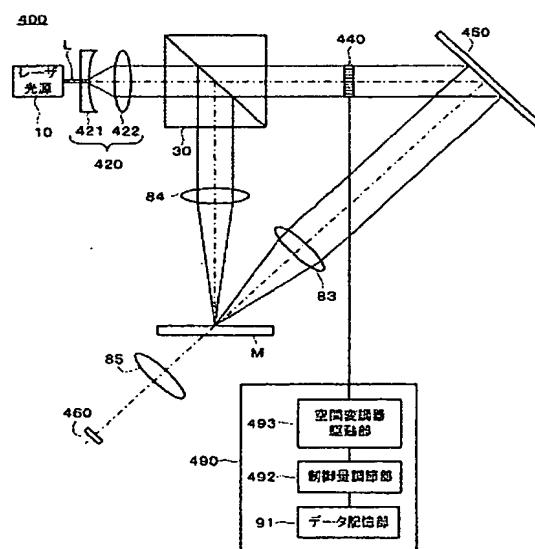
【図12】



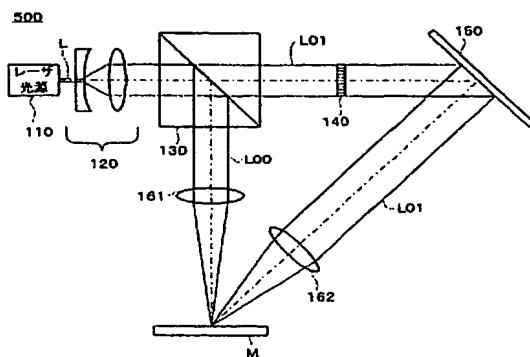
【図13】



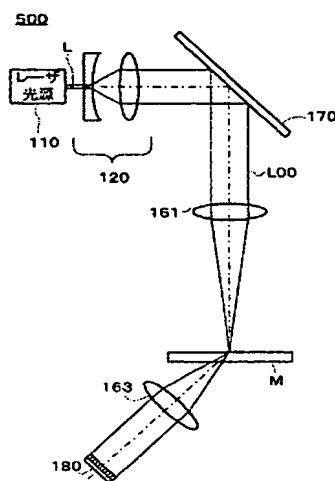
【図14】



【図15】



【図16】



フロントページの続き

(72)発明者 石岡 宏治

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社内

(72)発明者 山崎 茂

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社内

Fターム(参考) 2K008 AA04 BB04 DD13 DD23 EE01 EE04 HH07 HH19 HH26

5D090 BB16 CC01 CC12 CC16 LL02 LL03